

# Análise de *clusters* municipais de cheias/inundações e movimentos de massa em vertentes danosas em Portugal

S. Pereira <sup>(a)</sup>, J. Rocha <sup>(a)</sup>, J. L. Zêzere <sup>(a)</sup>

<sup>(a)</sup>Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Centro de Estudos Geográficos, Universidade de Lisboa, susana-pereira@campus.ul.pt

## RESUMO

Neste trabalho as ocorrências Disaster de cheias/inundações e movimentos de massa em vertentes, identificados a partir da base de dados Disaster, foram explorados tendo em conta os seguintes objetivos: (i) caracterizar a distribuição geográfica das ocorrências Disaster ao nível municipal; (ii) definir clusters de municípios de acordo com as características das ocorrências Disaster e dos danos humanos (mortos, feridos, evacuados, desalojados). A análise de clusters baseou-se numa abordagem aglomerativa utilizando o método de Ward como regra de união dos clusters. No final foram identificados e caracterizados 7 clusters municipais de ocorrências Disaster para o período de 1865-2015, tendo por base a tipologia de danos humanos registados.

**Palavras chave:** base de dados Disaster, clusters, Portugal continental.

## 1. INTRODUÇÃO

Em Portugal continental o registo dos desastres de origem hidro-geomorfológica (cheias/inundações e movimentos de massa em vertentes) para o período de 1865-2015 está reunido na base de dados Disaster (Zêzere et al., 2014). Esta base de dados foi construída a partir da consulta de registos da imprensa escrita suportados por 17 jornais, de circulação nacional ou regional, caracterizados previamente por Zêzere et al. (2014).

A base de dados Disaster regista ocorrências hidro-geomorfológicas únicas, que preenchem os critérios de inclusão de registos na base de dados (cheias/inundações e movimentos de massa em vertentes que causaram mortos, feridos, evacuados, desalojados e desaparecidos, independentemente do seu número) e que estão relacionadas com uma localização específica e um determinado período de tempo (Zêzere et al., 2014). A base de dados está organizada em duas partes: (i) características da ocorrência (tipo e subtipo de ocorrência, data de início e hora, localização por freguesia, concelho, e coordenadas projetadas PT-TM06/ETRS89, tipo de georreferenciação, fator desencadeante, tipo de fonte, nome da fonte e fiabilidade da notícia) e (ii) danos da ocorrência (número de mortos, feridos, desaparecidos, evacuados e desalojados, tipo de danos nos edifícios, número de edifícios afetados, tipo de danos nas redes de transporte, interrupções na circulação em estradas e ferrovias e duração da interrupção (Zêzere et al., 2014).

Em trabalhos anteriores foram analisadas a distribuição espacial e a evolução temporal das ocorrências Disaster, assim como das consequências humanas que lhes estão associadas (Pereira et al., 2016; Zêzere et al., 2014). Contudo, a distribuição espacial das ocorrências Disaster ainda não foi analisada ao nível municipal. Neste contexto, este trabalho tem dois objetivos: (i) caracterizar a distribuição geográfica das ocorrências Disaster ao nível municipal; e (ii) definir clusters de

municípios de acordo com as características das ocorrências Disaster e dos danos humanos registados (mortos, feridos, evacuados, desalojados) causados por cheias/inundações e movimentos de massa em vertentes.

## 2. METODOLOGIA

As características e localização das ocorrências Disaster foram retiradas da base de dados Disaster. O *software* Arcgis 10.3.1 foi utilizado para a realização de operações de análise espacial a nível municipal, incluindo o cálculo do total, número mínimo, número máximo e média de ocorrências Disaster, mortos, feridos, evacuados, desalojados e desaparecidos que foram registados em cada município. Na análise da estatística descritiva das ocorrências e dos danos humanos foram consideradas todas as ocorrências da base de dados (ponto 3.1). Contudo, na análise de clusters (ponto 3.2) excluíram-se as ocorrências associadas às cheias rápidas de 25-26 de Novembro de 1967 na região de Lisboa (Trigo et al., 2016) por representarem um evento extremo responsável por 42% da mortalidade associada a desastres hidro-geomorfológicos em Portugal continental no período de 1865-2015, o que condicionaria os agrupamentos de municípios.

A análise de clusters foi desenvolvida no *software* Statistica 13.1, tendo por base 5 variáveis normalizadas ao município (% de ocorrências Disaster, % de mortos, % de feridos, % de evacuados e % de desalojados) e 278 casos (municípios). Neste trabalho optou-se por realizar clusters hierárquicos com base numa abordagem aglomerativa (abordagem de cima para baixo), que considera que os fenómenos/processos apresentam comportamentos não-lineares e que o todo é mais do que a soma das partes. Este tipo de abordagem é determinista e, ao contrário do *k-means*, não apresenta condições iniciais aleatórias. O método de Ward (1963) foi utilizado na regra de união dos clusters. Segundo este método (Equação 1) a distância entre dois conjuntos, A e B,

corresponde ao quanto a soma do erro médio quadrático aumentará em virtude da junção desses dois conjuntos, i.e., ao custo de junção( $\Delta$ ) :

$$\Delta(A, B) = \sum_{i \in A \cup B} \|\bar{x}_i - \bar{m}_{A \cup B}\|^2 - \sum_{i \in A} \|\bar{x}_i - \bar{m}_A\|^2 - \sum_{i \in B} \|\bar{x}_i - \bar{m}_B\|^2$$

$$= \frac{n_A n_B}{n_A + n_B} \|\bar{m}_A - \bar{m}_B\|^2$$

em que  $m_j$  é o centro do cluster  $j$  e  $n_j$  são o número de elementos contidos no cluster.

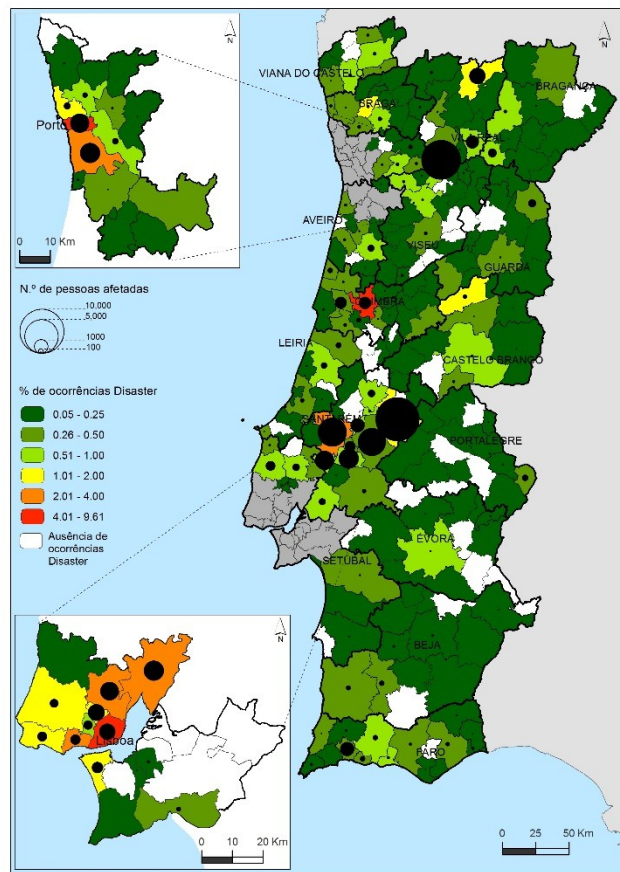
Nos clusters hierárquicos, a soma dos quadrados começa em zero e cresce à medida que se juntam clusters. O método de Ward mantém este crescimento o mais baixo possível. No entanto, perante dois pares de clusters, cujos centros estão a igual distância, o método de Ward prefere aglomerar os mais pequenos. O método de Ward é ao mesmo tempo restringido por opções anteriores quanto à criação de clusters, o que significa que os mínimos quadrados para um determinado número de clusters é geralmente maior do que o mínimo que o *k-means* atingirá. De acordo com os resultados obtidos com o algoritmo de Ward, da árvore de ligações e das tabelas de custos de aglomerações, optou-se pela identificação de 7 clusters, para reduzir o número de clusters até ocorrer um salto no custo de aglomeração e, em seguida, usar o número de clusters apurado antes desse salto. As distâncias euclidianas (não estandardizadas) foram utilizadas como distâncias métricas.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Ocorrências Disaster e respetivos danos humanos

A base de dados Disaster inclui 1969 ocorrências Disaster (1677 cheias/inundações e 292 movimentos de massa em vertentes) que geraram impactos humanos em Portugal continental, no período entre 1865 e 2015. No total foram contabilizados 1248 mortos, 913 feridos, 14911 evacuados e 42307 desalojados. O número de pessoas afetadas (total de todos os danos humanos) por município (Figura 1), mostra que Abrantes e Peso da Régua registaram os valores mais elevados (9074 e 7378, respetivamente), seguidas por Santarém e Chamusca com mais de 3500 afetados. No essencial, trata-se de desalojados em eventos de cheias progressivas no Rio Tejo (em Abrantes, Santarém e Chamusca) e no Rio Douro (no Peso da Régua).

Na Área Metropolitana do Porto, os municípios de Vila Nova de Gaia e Porto registaram o maior número de afetados (3132 e 2691, respetivamente) para o qual contribuíram sobretudo os desalojados pelas cheias no Douro. Na Área Metropolitana de Lisboa, Vila Franca de Xira e Loures apresentam os valores mais elevados de pessoas afetadas (2704 e 2289, respetivamente) para os quais contribuíram principalmente os evacuados e desalojados das cheias rápidas dos eventos de Novembro de 1967 e Novembro de 1983.



**Figura 1** – Número de pessoas afetadas e percentagem de ocorrências Disaster por município (1865-2015).

Em relação à percentagem de ocorrências Disaster por município (Figura 1), Lisboa destaca-se com a percentagem mais elevada (9,6%). Os municípios de Coimbra e Porto ocupam as posições seguintes (6,8 e 6% de ocorrências Disaster, respetivamente). No total, 45 municípios não registaram ocorrências Disaster para o período em análise.

A mediana, percentis de 25 e 75, o intervalo sem outliers e os outliers relativos à percentagem de ocorrências Disaster, percentagem de mortos e percentagem de desalojados estão representadas na Figura 2. Nesta figura não foram representados os municípios com valores extremos por questões de escala. No caso da percentagem de ocorrências por municípios foram identificados 13 municípios como extremos, por ordem decrescente (Lisboa, Coimbra, Porto, V.N. de Gaia, V.F. de Xira, Loures, Oeiras, Santarém, Sintra, Odivelas, Peso da Régua, Abrantes e Almada). No entanto, os municípios de Vila Franca de Xira e Odivelas registaram os extremos mais elevados da percentagem de mortos (em conjunto representam 32,9% do total de mortos), justificados principalmente pela mortalidade associada ao evento das cheias rápidas de Novembro de 1967, reforçando assim o seu carácter extremo (Trigo et al., 2016).

Na percentagem de desalojados, os valores extremos mais elevados foram registados em Abrantes e Peso da Régua, que em conjunto representam 38,5% do total de desalojados do país. Estes resultados são justificados por eventos de cheias progressivas na bacia do Douro (Dezembro de 1909, Janeiro de 1962) e na bacia do Tejo (Fevereiro de 1979).

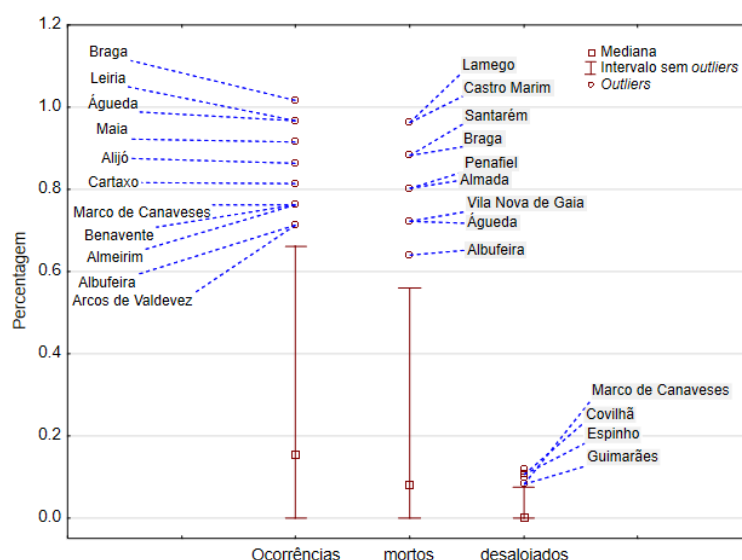


Figura 2 – Percentagem de ocorrências, mortos e desalojados Disaster por município.

### 3.2 Clusters municipais

Os clusters municipais estão caracterizados na Tabela 1 e cartografados na Figura 3. Nesta análise o evento de Novembro de 1967 foi excluído pelas razões anteriormente enunciadas. O cluster A corresponde aos 45 municípios que não possuem registos de ocorrências Disaster para o período em análise. O cluster B inclui 131 municípios, dispersos sobretudo pelo interior Norte e Centro e no Alentejo, onde em média se registaram 2,3 ocorrências Disaster, tendo por isso valores totais e médios baixos nos mortos e feridos, mas encontra-se em segundo lugar nas médias mais elevadas nos evacuados e desalojados.

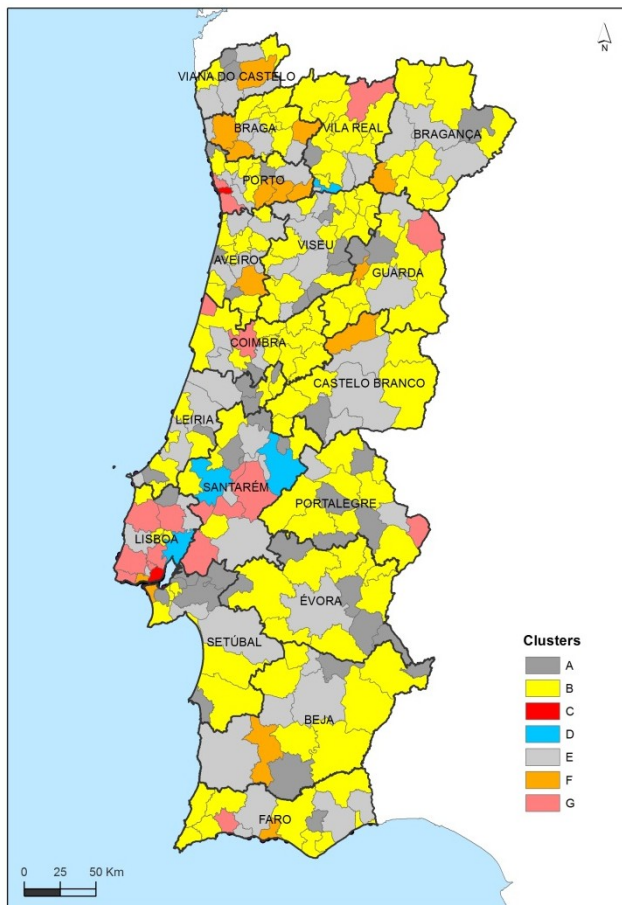
O cluster C inclui apenas os municípios de Lisboa e Porto que apresentam as médias mais elevadas em termos de ocorrências Disaster, feridos e evacuados. O

cluster D inclui 4 concelhos (Abrantes, Peso da Régua, Santarém e V.F. de Xira) que apresentam o total e média mais elevados de desalojados e evacuados, historicamente associados a cheias progressivas.

Em seguida, o cluster E inclui 62 municípios que apresentam as médias mais baixas em termos de ocorrências, feridos, evacuados e desalojados, a seguir ao cluster A. O cluster F inclui 15 municípios com médias baixas ligeiramente superiores ao grupo E em termos de evacuados e desalojados, enquanto nos mortos, e especialmente nos feridos, apresentam médias mais elevadas do que o grupo E. O cluster G representa 19 municípios com um comportamento distinto, com médias de mortos e feridos mais baixas e médias dos desalojados e evacuados mais elevadas, comparativamente com os municípios do grupo F.

Tabela 1 – Estatística descritiva das ocorrências Disaster, mortos, feridos, evacuados e desalojados por cluster.

Cluster	N.º concelhos	Ocorrências Disaster			Mortos				Feridos				Evacuados				Desalojados			
		Min	Máx	Média	Min	Máx	Média	Total	Min	Máx	Média	Total	Min	Máx	Média	Total	Min	Máx	Média	Total
A	45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	131	1	7	2,3	0	3	1	128	0	3	0,2	24	0	35	3,7	489	0	100	5,8	758
C	2	117	181	8	29	42	35,5	71	60	64	62	124	416	631	523,5	1047	1065	1969	1517	3034
D	4	28	54	2,3	4	51	23,8	95	0	8	2,8	11	40	2596	1099,3	4397	699	9029	4593,5	18374
E	62	1	20	0,3	0	20	4	245	0	7	1,2	75	0	161	27,9	1732	0	786	63,6	3942
F	15	1	38	0,6	0	15	7,7	115	8	51	18,5	277	0	247	53,8	807	0	626	95,6	1434
G	19	5	134	1,2	0	16	3,8	72	0	20	3,8	72	6	945	322,9	6135	0	3603	730,5	13880



**Figura 3** – Clusters de municípios segundo as ocorrências DISASTER (1865-2015).

#### 4. CONCLUSÕES

Os clusters municipais de ocorrências DISASTER (1865-2015) irão contribuir para a construção de perfis de risco municipais, tendo em conta as forças motrizes responsáveis pela ocorrência de desastres hidro-

geomorfológicos em Portugal continental (eventos meteorológicos, condições físicas do terreno, alterações do uso do solo e exposição, e vulnerabilidade territorial) que estão presentes em cada município. Além disso, em trabalhos futuros deverão ser realizados clusters distintos para cheias/inundações e movimentos de massa em vertentes, assim como clusters espaço-temporais para diferentes períodos de tempo e analisar as suas tendências e distribuição espacial.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no quadro do projeto FORLAND – Riscos hidro-geomorfológicos em Portugal: forçadores e aplicações ao ordenamento do território (PTDC/ATP-GEO/1660/2014).

#### 6. BIBLIOGRAFIA

- Pereira, S., Zêzere, J. L., Quaresma, I., Santos, P. P., & Santos, M. (2016). Mortality Patterns of Hydro-Geomorphologic Disasters. *Risk Analysis*, 36(6), 1188–1210. <https://doi.org/10.1111/risa.12516>
- Trigo, R. M., Ramos, C., Pereira, S. S., Ramos, A. M., Zêzere, J. L., & Liberato, M. L. M. L. R. (2016). The deadliest storm of the 20th century striking Portugal; flood impacts and atmospheric circulation. *Journal of Hydrology*, 541(Special Issue: Flash floods & landslide), 597–610. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.10.036>
- Ward, J. . (1963). Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. *Journal of the American Statistical Association*, 58, 236–244.
- Zêzere, J. L., Pereira, S., Tavares, A. O., Bateira, C., Trigo, R. M., Quaresma, I., ... Verde, J. (2014). DISASTER: a GIS database on hydro-geomorphologic disasters in Portugal. *Natural Hazards*, 72(2), 503–532. <https://doi.org/10.1007/s11069-013-1018-y>